



KUXULKAB'

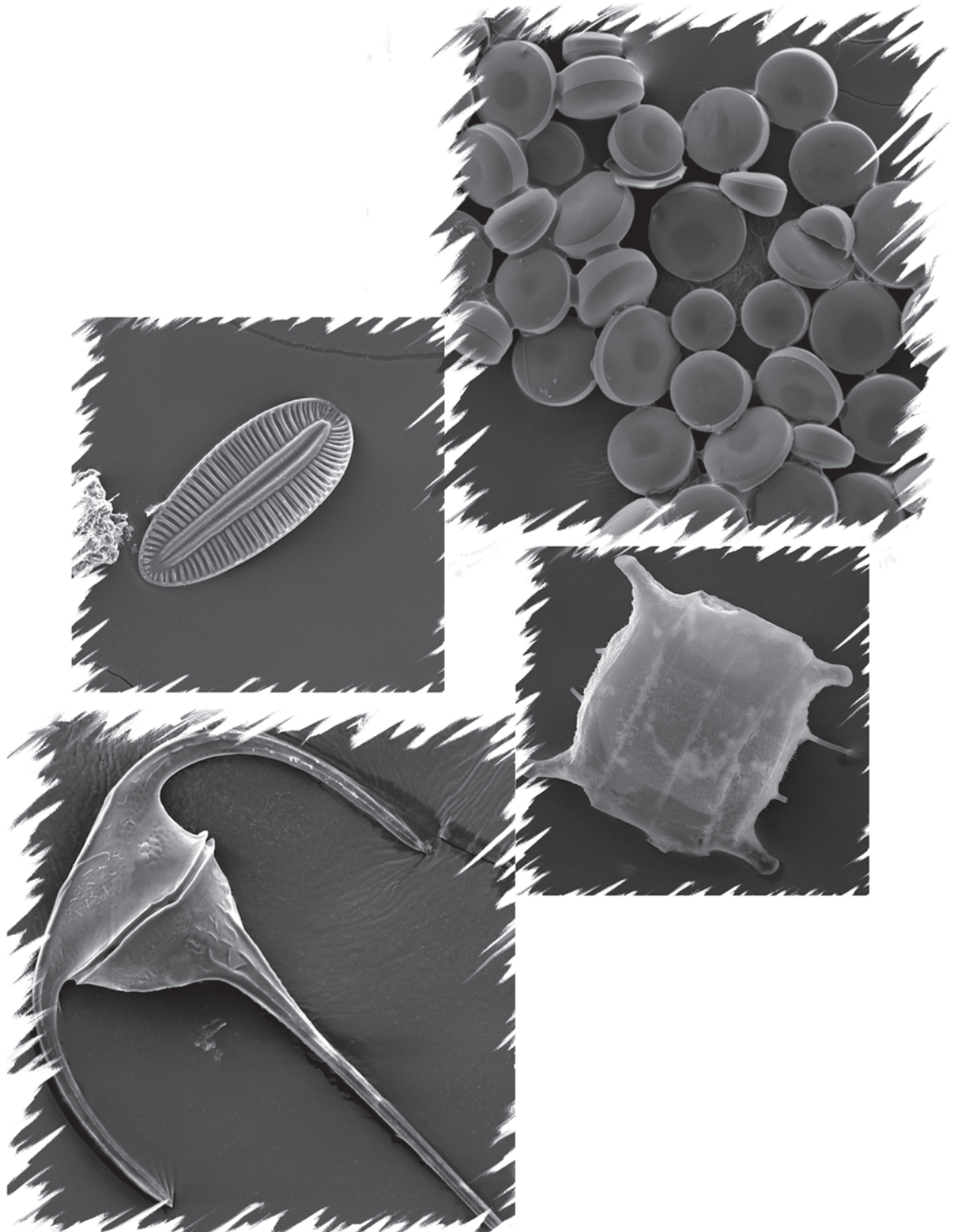
-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 23

Número 46

Mayo-Agosto 2017

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas





VISTA AÉREA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS (CICEA).
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Juan Pablo Quiñonez Rodríguez.



DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

M. en C. Raúl Guzmán León
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Elena Ocaña Rodríguez
Secretaria de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Raúl Germán Bautista Margulis
Coordinador de Investigación y Posgrado, DACBioI-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBioI-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBioI-UJAT

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBioI-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

L.C.I. Francisco García Ulloa
Est. Lic. Idiomas, Ana Yuseth Pérez del Ángel
Traductores

Pas. Ing. Ambiental, Manuel Alberto Ek Pozo
Est. Ing. Ambiental, Adrián Hernández Magaña
Est. Lic. Biología Diana Beatriz Montero Hernández
Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro
Universidad de Valladolid (UVA) - España

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal):
www.latindex.unam.mx/index.html

Nuestra portada:

Diatomeas y dinoflagelados, microorganismos de una laguna tabasqueña.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Imágenes cortesía de Campos, Cortés & Rivas; obtenidas de su manuscrito publicado en Kuxulkab' 23(46) del 2017.

KUXULKAB', año 23, No. 46, mayo-agosto 2017; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 06 de mayo del 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBioI y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

En esta ocasión **KUXULKAB'**, en su número 46 (mayo-agosto de 2017), presenta cinco artículos que muestran diversos temas de estudio, investigación y reflexión respecto a las ciencias ambientales, las cuales se desarrollan en la región, el sureste de México para ser más puntual. A continuación, brindamos una descripción breve sobre las aportaciones expuestas en este número de la revista.

«Análisis Espacial Multicriterio enfocado a la gestión de proyectos de agua potable en el municipio de Huimanguillo, Tabasco», presenta un análisis de alternativas en el tema del agua para la toma de decisiones.

«Las necesidades de agua y saneamiento en Villa Unión y comunidades adyacentes en Centro, Tabasco», documento donde se expone la importancia del manejo sustentable del agua (potable y residual).

«Mezclas asfálticas: una alternativa para el tratamiento de residuos», una propuesta interesante para aprovechar y revalorizar los residuos que se generan en algunos procesos de manufactura.

«Microalgas planctónicas en la laguna costera «El Carmen», Cárdenas, Tabasco, México», un acercamiento a la riqueza de unos organismos poco estudiados de las lagunas costeras de Tabasco.

«Iluminados por la oscuridad: el hombre y su impacto en la contaminación lumínica», una reflexión de cómo hemos perdido la posibilidad de admirar el cielo por la contaminación lumínica.

Aprovecho para agradecer, tanto a los autores, su confianza en **KUXULKAB'** para difundir su trabajo mediante la divulgación científica; a los dictaminadores que contribuyen a garantizar su calidad; a los editores asociados que atendieron con profesionalismo el proceso editorial de la revista así como el seguimiento a la dictaminación de los textos, y a nuestro editor ejecutivo por su apoyo invaluable en las tareas imprescindibles que permiten, cuatrimestralmente publicar nuestra revista, y finalmente reitero la invitación a divulgar, a través de **KUXULKAB'**, los conocimientos que día a día estén generando en sus espacios de trabajo.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

ANÁLISIS ESPACIAL MULTICRITERIO ENFOCADO A LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE HUIMANGUILLO, TABASCO 05-11

SPATIAL MULTICRITERIA ANALYSIS FOR THE MANAGEMENT OF PROJECTS ON DRINKING WATER IN THE MUNICIPALITY OF HUIMANGUILLO, TABASCO

Oscar Iturralde Mota

LAS NECESIDADES DE AGUA Y SANEAMIENTO EN VILLA UNIÓN Y COMUNIDADES ADYACENTES EN CENTRO, TABASCO 13-22

NEEDS OF WATER AND SANITATION IN VILLA UNIÓN AND ADJACENT COMMUNITIES IN CENTRO, TABASCO

Santa de la O Ledesma, Gaspar López Ocaña & Ernesto Rodríguez Rodríguez

MEZCLAS ASFÁLTICAS: UNA ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS 23-28

ASPHALT MIXTURES: AN ALTERNATIVE FOR WASTE TREATMENT

Liliana Hernández Acosta, Kristell del Carmen Jiménez Zapata, Verónica Isidra Domínguez Rodríguez & Randy Howard Adams Schroeder

MICROALGAS PLANCTÓNICAS EN LA LAGUNA COSTERA «EL CARMEN», CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO 29-40

PLANKTONIC MICROALGAE IN THE COASTAL LAGOON «EL CARMEN», CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

Bernardita Campos Campos, María del Carmen Cortés Lara & Ma. Guadalupe Rivas Acuña

ILUMINADOS POR LA OSCURIDAD: EL HOMBRE Y SU IMPACTO EN LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA 41-46

ILLUMINATED BY DARKNESS: THE IMPACT OF MAN ON LIGHT POLLUTION

Esvardo Samaniego Hernández & Liliana Pampillón González

MEZCLAS ASFÁLTICAS: UNA ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS

ASPHALT MIXTURES: AN ALTERNATIVE FOR WASTE TREATMENT

Liliana Hernández Acosta¹, Kristell del Carmen Jiménez Zapata², Verónica Isidra Domínguez Rodríguez³ & Randy Howard Adams Schroeder⁴✉

¹Licenciada en Ingeniería Ambiental por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); estudiante de la Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental (MIPA), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología-UJAT). ²Licenciada en Ingeniería Ambiental por la UJAT. ³Doctora en Ciencias; profesora-investigadora de la DACBiología-UJAT; sus áreas de especialidad son: *contaminación ambiental, remediación de suelos, aplicación de biocamas para tratamiento de plaguicidas*. ⁴Doctor en Ciencias; profesor-investigador de la DACBiología-UJAT; especialista en: *contaminación ambiental, caracterización de sitios contaminados, evaluación de riesgos y remediación de sitios contaminados*.

^{3,4}Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART), DACBiología-UJAT.

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco; México.

✉ drrandocan@hotmail.com

Como referenciar:

Hernández Acosta, L.; Jiménez Zapata, K.C.; Domínguez Rodríguez, V.I. & Adams Schroeder, R.H. (2017). Mezclas asfálticas: una alternativa para el tratamiento de residuos. *Kuxulkab'*, 23(46): 23-28, mayo-agosto. DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a23n46.2555>

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>

<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a23n46.2555>

Resumen

El aprovechamiento de los residuos de los diversos sectores manufactureros, permite reducir la demanda acelerada de los recursos naturales y mantener la capacidad de producción para satisfacer las necesidades de la población. Existen varias opciones para lograr esto, una es la revalorización de estos residuos como materia prima en la elaboración de mezclas asfálticas. Actualmente, los residuos que se generan en grandes volúmenes (llantas, plásticos, concretos y pavimentos envejecidos), son reciclados para elaborar este tipo de producto empleado en el mantenimiento y construcción de carreteras. Estos han mostrado resultados eficientes en términos ambientales, ingenieriles y económicos.

Palabras clave: Ambiente; betún; carreteras; pavimento; reciclaje.

Abstract

The use of waste from the several manufacturing sectors, allows to reduce the accelerated demand of natural resources and to keep up production capacity to satisfy the population necessities. There are several options to achieve this, one is the revaluation of this kind of waste as raw material in the production of asphalt mixtures. Currently, waste generated in large volumes (tires, plastics, concrete and aged pavements) are recycled to produce this type of product which is used in the maintenance and construction of roads. They have shown efficient results in environmental, engineering and economic terms.

Keywords: Environmental; betumen; roads; pavement; recycling.

La disposición de los residuos generados en grandes volúmenes constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades, en el continente Europeo se llevan a cabo prácticas de optimización y aprovechamiento (Ojeda, Lozano, Quintero, Whitty & Smith, 2008), mientras que en América Latina y el Caribe, el manejo de los residuos se reduce a la recolección y disposición final (comúnmente son depositados en tiraderos a cielo abierto), dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento, así como una disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada según Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS, 2005).

En la actualidad existe una tendencia mundial que propone el fortalecimiento de la conciencia ambiental de la sociedad; asimismo, se plantea una búsqueda permanente de estrategias y tecnologías capaces de mitigar la pérdida acelerada de los recursos naturales, los ecosistemas y la diversidad biológica (AIDIS, 2005). Dentro de las estrategias viables está el reciclaje, debido a que permite la reincorporación de los residuos dentro del proceso generador o como material secundario en la elaboración de productos o subproductos (Verhoef, Houwelingen, Dijkema & Reuter, 2006).

Existen diversas alternativas para el reciclaje de los residuos; en esta ocasión nos enfocaremos en el aprovechamiento de los residuos para la elaboración de mezclas asfálticas. Estas son empleadas para la construcción de pavimentos, se ha demostrado que pueden ser factibles: ambiental y económicamente. Puesto que, hoy en día se busca satisfacer la demanda de la población de una manera sustentable. La construcción de carreteras a partir de residuos, permite disminuir la cantidad de residuos en vertederos, la demanda de nuevos materiales y promover la conservación de los recursos naturales (López, Pérez & Garnica, 2014).

¿Qué son las mezclas asfálticas?

Las mezclas asfálticas son una combinación de agregados minerales (grava y arena), aglomerados mediante un ligante asfáltico (asfáltenos), que son usadas en la elaboración de pavimentos dentro de ciudades urbanas, las cuales deben cumplir con características particulares que garanticen su durabilidad y manejabilidad (Cepeda, 2005).

Actualmente, se emplea el concepto de mezclas asfálticas sustentables, dado que engloba los retos de ingeniería para lo cual fue construido, su preservación y conservación, el uso de recursos económicos, ambientales y humanos (Kent & Audrey, 2015). Los materiales susceptibles que se utilizan en la elaboración de mezclas asfálticas son: escoria de fundición, residuos de fibras, subproductos de la combustión del carbón, cenizas volátiles, residuos de la desulfuración de gases de combustión, vidrio, cenizas de la combustión de residuos de la construcción, etcétera (Kent & Audrey, 2015).

Desde una perspectiva de ingeniería, los materiales reciclados deben ser utilizados de una manera tal que el rendimiento esperado de las mezclas asfálticas no se vea comprometido; es por esto que los ingenieros, investigadores, generadores y autoridades deben estar al tanto de las propiedades asociadas a su uso (deformación, fatiga, agrietamiento, entre otros).

«Minimización de residuos: reducción, hasta donde sea posible, de los residuos riesgosos que se generan o posteriormente se tratan, clasifican o tiran. Incluye cualquier actividad de reducción en la fuente de origen o de reciclaje»

Barla (2006)

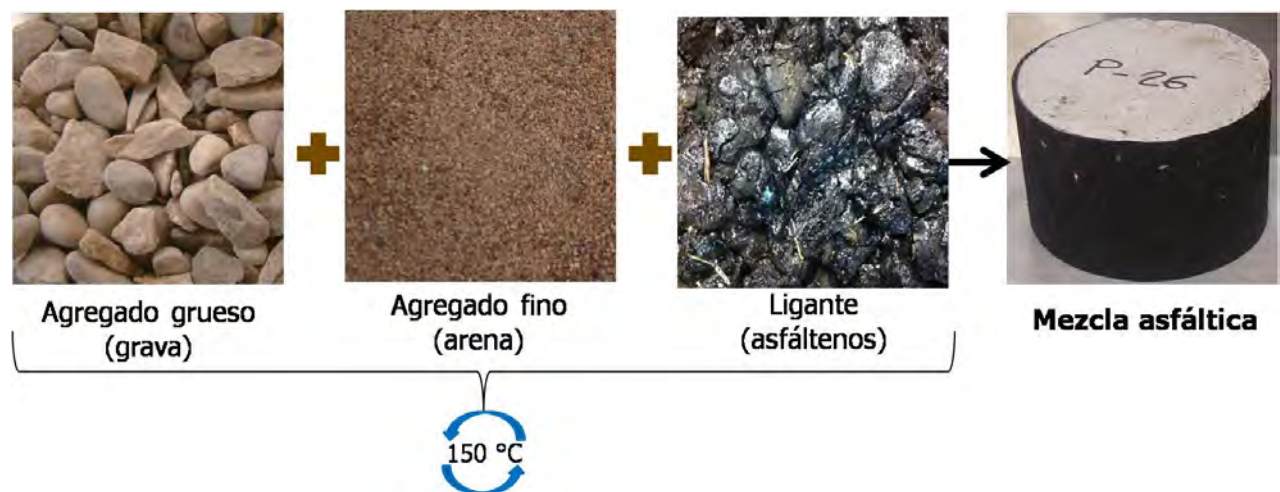


Figura 1. Elaboración de mezclas asfálticas en caliente.

Por otra parte, los aspectos ambientales como transporte de partículas finas, infiltración por lluvia y procesos de lixiviación, deben ser monitoreados (López *et al.*, 2014) para garantizar que durante el uso, las mezclas asfálticas no presenten impactos negativos en el ambiente.

Elaboración de mezclas asfálticas

Para elaborar una mezcla asfáltica existen dos procesos: frío y caliente; este último permite la incorporación de residuos, en donde los agregados se mezclan y se secan antes de ser calentados a 150 °C, después se añade el ligante (asfalto) a la mezcla en proporciones que oscilan de 5 a 10 % en peso con la técnica de preparación en continuo en un tambor rotativo o de forma intermitente (figura 1), (Altadill, Andrés, Bruno, Bruno, Canales, Cortés, Diéz & Elías, 2009).

Para determinar si un residuo es susceptible de ser reciclado en el proceso de elaboración de una mezcla asfáltica, deben tomarse en cuenta consideraciones ingenieriles (como estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, gravedad específica, entre otros), ambientales y económicas; a continuación se presentan una serie de alternativas que diversos investigadores estudian para hacer de esta práctica sustentable una alternativa factible (López *et al.*, 2014).

Residuos utilizados para la elaboración de mezclas asfálticas

Caucho de neumáticos. En el año 2012 en el estado de Tabasco se registró un total de 443,185 neumáticos,

datos que fueron reportados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2012). Estos residuos en la actualidad no tienen un amplio campo en la industria del reciclaje, y usualmente son tirados a cielo abierto o quemados, ocasionando efectos irreversibles en el ambiente. Sin embargo, en países en desarrollo se han propuestos como modificador o ligante para la elaboración de mezcla asfáltica (Roberto, Rodrigues, Rodriguez & Cerantola, 2006; Figueroa, Sánchez & Reyes, 2007; Oba, Onungwe, George, Amgbara & Akpan, 2015), logrando maximizar su valorización.

Cao (2007) elaboró mezclas asfálticas que contenían 1, 2 y 3 % de partículas de cauchos de neumáticos (1-3 mm) mediante un proceso en seco, utilizando piedras trituradas y caliza como agregados grueso y fino, respetivamente. De acuerdo con sus resultados, concluyó que la adición de 3 % de caucho en mezclas de asfaltos mejoran las propiedades de resistencia a la deformación permanente a alta temperatura y el agrietamiento a baja temperatura. Por otro lado, Oba *et al.* (2015) realizaron mezclas asfálticas empleando como agregados granito (9.5 mm), arena de canteras (0.5 mm) y partículas de caucho (0.6, 2.36, 4.75 mm), las cantidades de cauchos variaron de 2-10 % en peso de granito, donde las combinaciones ideales de caucho en términos de estabilidad y flujo fueron 10 % - 4.75 mm, 4 % - 2.36 mm y 4 % - 0.6 mm, siendo recomendadas para pavimentos de tráfico medio.

Plásticos. Estos residuos son otra alternativa para la industria de la pavimentación (Casey, McNally, Gibney

& Gilchrist, 2008), específicamente en el diseño de mezclas asfálticas, dado que su generación es incontrolable, y va en aumento con el paso de los años. En el año 2011 este tipo de residuo representó el 10.9 % del total de los residuos sólidos urbanos (SEMARNAT, 2012). Moghaddam, Karim & Soltani (2013) recomiendan utilizar 10 % de gránulos de polietileno y polipropileno, además de rocas y arenas trituradas como agregados.

El polipropileno mejoró la resistencia a la fluidez, mientras que el polietileno ayudó a reducir la destrucción por fatiga. Mientras que, Vasudevan, Chandra, Sundarakannan & Velkennedy (2012) utilizaron como ligante para la construcción de pavimentos flexibles los residuos de plásticos (polietileno, polipropileno y polietileno) en tamaño requerido de 2.5-4.36 mm sugiriendo que sean fundidos por debajo de los 150 °C para no desprender gases, estos fueron mezclados con el betún, recubriendo los agregados.

En los resultados de compactación las mezclas mostraron una buena adhesión, además a mayor porcentaje de este residuo, aumentó la resistencia. Lo anterior permite reducir la demanda de betún en un 10 % y reducir los costos de elaboración de pavimentos.

Residuos de concreto. Los residuos de construcción y demolición se generan en grandes cantidades, tan sólo en México en el 2012 se generaron 6,111 toneladas (SEMARNAT, 2012). Una alternativa para evitar que sean vertidos a los rellenos sanitarios, es como agregado en la elaboración de mezclas asfálticas debido a su alta resistencia y bajo comportamiento expansivo (Melbouci, 2009). Bennert & Maher (2005) sugieren que este tipo de residuo sea utilizado en un 25 % y mezclado con 75 % de agregados naturales, las mezclas presentaron respuesta elástica y de deformación similar al de una mezcla elaborada con agregado de alta densidad.

Pérez, Gallego, Toledano, Taibo & Garrido (2007) emplearon residuos de concreto para la elaboración de mezcla asfálticas (50 %) y árido de cantera (50 %) como agregados y betún como ligante. Ellos concluyeron que es posible utilizar este residuo ya que muestran mayor resistencia que las mezclas que solo utilizan agregado árido natural.

Pavimento asfáltico envejecido. El aprovechamiento de los asfálticos envejecidos (residuales) se está convirtiendo en una práctica común y como una opción sustentable, debido a que el reciclaje de estos trae beneficios ambientales y económicos.

«Las mezclas asfálticas son una combinación de agregados minerales (grava y arena), aglomerados mediante un ligante asfáltico (asfaltenos), que son usadas en la elaboración de pavimentos dentro de ciudades urbanas»

Cepeda (2005)

«Los residuos más comunes y utilizados para elaborar mezclas asfálticas son: caucho de neumático, plásticos, residuos de concreto, pavimento asfáltico envejecido y aceite de motor usado»

Para utilizar estos se retiran las capas del pavimento mediante fresado o demolición, posteriormente es transportado a la planta, acopiado, caracterizado, procesado, y finalmente mezclado en caliente con áridos vírgenes, betún nuevo y agentes rejuvenecedores (Cardona-Barona & López-Trejos, 2016). En la mayoría de los casos la nueva mezcla es empleada para la rehabilitación del mismo sitio.

Valdés, Pérez-Jiménez, Miró, Martínez & Botella (2011) evaluaron el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas; que contenían 40 y 60 % de pavimento residual. Dentro de sus resultados, se tiene como mejor opción la mezcla con 60 % de residuo, debido a que el comportamiento de fatiga fue similar al de la mezcla control, además mostró mayor resistencia a la atracción, menor capacidad de deformarse y buena rigidez. Lo anterior permitió que fuera utilizada para la rehabilitación del mismo sitio en que fue extraído el pavimento residual.

Aceite de motor usado. El residuo de mayor generación en la industria automotriz es el aceite de motor usado, entre el año 2004 al 2012 se registraron 416,599 toneladas de este residuo (SEMARNAT, 2012). Debido a su alta insolubilidad y baja biodegradación son clasificados como residuos peligrosos (Manzanarez & Ibarra-Ceceña, 2012). Abreu, Oliveira, Silva & Fonseca (2015) utilizaron este residuo (7.5 %) como un aditivo para elaboración mezclas asfálticas, con el propósito de rejuvenecer el ligante envejecido, y para estabilizarlo utilizaron 4 % de polietileno de alta densidad. Las mezclas mostraron mejor sensibilidad al agua, mayor resistencia y durabilidad que las mezclas sin aditivos, siendo factible su uso principalmente por su bajo costo en el mercado.

Conclusión

Los residuos representan un problema actual que involucra a todo usuario o consumidor, pero de manera directa a las autoridades, por lo que su aprovechamiento debe ser uno de los objetivos primordiales para el cuidado del ambiente y la contribución a la salud pública.

En esta revisión se muestra un panorama general de los residuos que se están utilizando en la elaboración de mezclas asfálticas sustentables, estas presentan resultados satisfactorios en las pruebas de resistencia y durabilidad, que garantizan su efectividad para ser aprovechados, es muy probable que haya otros residuos que puedan funcionar.

Referencias

- Abreu, L.P.; Oliveira, J.R.; Silva, H.M. & Fonseca, P.V.** (2015). Recycled asphalt mixtures produced with high percentage of different waste materials. *Construction and Building Materials* 84: 230-238. Recuperado el 15/enero/2017 de «<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815003104?via%3Dihub>»
- AIDIS (Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental).** (2005). *Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe*, (versión de librería de AIDIS). Recuperado de «http://www.aidis.org.br/PDF/libro_residuos_solidos.pdf»
- Altadill Colominas, R.; Andrés Payán, A.M.; Bruno, A.; Bruno, J.; Canales Rojas, A.M.; Cortés Lucas, A.; Díez Bernabé, G. & Elías Castells, X.** (2009). *Reciclaje de residuos industriales; residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*. Recuperado el 20/febrero/2017 de «<http://www.editediazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788353.pdf>»
- Barla Galván, R.** (2006). *Un diccionario para la educación ambiental: glosario ecológico*, (p. 264). Autor: Uruguay.
- Bennert, T. & Maher, A.** (2005). *The development of a performance specification for granular base and subbase material*. (FHWA-NJ-2005-003) Washington, D.C.: Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation. Recuperado el 10/enero/2016 de «<http://cait.rutgers.edu/files/FHWA-NJ-2005-003.pdf>»
- Cao, W.** (2007). Study on properties of recycled tire rubber modified asphalt mixtures using dry process. *Construction and Building Materials*, 21(5): 1011-1015. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.02.004>» Disponible en «<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006180600016>»
- Cardona-Barona, R.F & López-Trejos, K.M.** (2016). Caracterización de un agregado reciclado de concreto (arc) para la construcción de la carpeta asfáltica de pavimentos flexibles (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia. Recuperado el 20/enero/2017 de «<http://hdl.handle.net/11522/7701>»
- Casey, D.; McNally, C.; Gibney, A. & Gilchrist, M.D.** (2008). Development of a recycled polymer modified binder for use in stone mastic asphalt. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(10): 1167-1174. Recuperado el 20/febrero/2017 de «<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344908000840>»
- Cepeda Aldape, J.** (2005). *Propuesta de norma para el diseño y control de calidad de mezclas asfálticas densas basado en el ensayo de tensión indirecta por compresión diametral*, (ponencia presentada en la XXI Reunión Nacional de Laboratorios de Materiales para la Construcción). Mérida, Yucatán: Analisec.

Figuerola Infante, A.S.; Sánchez Castillo, A. & Reyes Lizcano, F.A. (2007). Caracterización física de un asfalto modificado con poliestireno y llanta triturada. *Revista Épsilon*, (9): 41-55. Recuperado el 25/febrero/2017 de «<https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/download/1954/1820>»

Kent, R.H. & Audrey, C. (2015). *Asphalt pavement industry survey on recycled materials and warm-mix asphalt usage: 2014*, (Information Series 138, 5th edition). Washington, DC: National Asphalt Pavement Association. Recuperado de «https://www.asphalt pavement.org/PDFs/IS138/IS138-2014_RAP-RAS-WMA_Survey_Final.pdf»

López Domínguez, M.G.; Pérez Salazar, A. & Garnica Anguas, P. (2014). *Estado del arte sobre el uso de residuos y sub-productos industriales en la construcción de carreteras*. Recuperado de «<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt394.pdf>»

Manzanarez, L.A. & Ibarra-Ceceña, M.G. (2012). Diagnóstico del uso y manejo de los residuos de aceite automotriz en el municipio del Fuerte, Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(2): 129-137. Recuperado de «<http://www.redalyc.org/html/461/46123333013/>»

Melbouci, B. (2009). Compaction and shearing behavior study of recycled aggregates. *Construction and Building Materials*, 23(8): 2723-2730. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.03.004>» Disponible en «<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061809000853?via%3Dihub>»

Moghaddam, T.B.; Karim, M.R. & Soltani, M. (2013). Utilization of wasteplastic bottles in asphalt mixture. *Journal of Engineering Science and Technology*, 8(3): 264-271. Recuperado el 16/enero/2017 de «[http://jestec.taylorsonline.com/Vol%208%20Issue%203%20June%2013/Volume%20\(8\)%20Issue%20\(3\)%20264-%20271.pdf](http://jestec.taylorsonline.com/Vol%208%20Issue%203%20June%2013/Volume%20(8)%20Issue%20(3)%20264-%20271.pdf)»

Oba, A.L.; Onungwe, I.; George, A.G.; Amgbara, T.O. & Akpan P.P. (2015). Waste to wealth; the utilization of scrap tyre as aggregate in bituminous mixes for road construction. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(11): 6-11. Recuperado el 20/enero/2016 de «http://www.ijera.com/papers/Vol5_issue11/Part%20-%201/B511010611.pdf»

Ojeda, S.; Lozano, G.; Quintero, M.; Whitty, K. & Smith, C. (2008). *Generación de residuos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana*, (ponencia presentada en el I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuo). Castellón, España: Red de Ingeniería de Saneamiento Ambiental (REDISA). Recuperado de «<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A26.pdf>»

Pérez, I.; Gallego, J.; Toledano, M.; Taibo, J. & Garrido, S.F. (2007). Caracterización del comportamiento a fatiga de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados. *Anales de Mecánica de la Fractura*, 1(24): 157-162. Recuperado el 15/enero/2016 de «http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/18184/PerezPerez_Ignacio_2007_caracterizacion_comportamiento_fatiga.pdf?sequence=2&isAllowed=y»

Roberto Botaro, V.; Rodrigues Castro S.; Rodrigues Junior F. & Cerantola A.E. (2006). Obtenção e caracterização de blendas de asfalto CAP 20, modificado com poliestireno reciclado, resíduos de pneu e lignina organossolve. *Revista Escola de Minas*, 59(1): 117-122. DOI «<https://doi.org/10.1590/S0370-44672006000100015>» Disponible en «http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672006000100015»

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012). *Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. Recuperado de «http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf»

Valdés, G.; Pérez-Jiménez, F.; Miró, R.; Martínez, A. & Botella, R. (2011). Experimental study of recycled asphalt mixtures with high percentages of reclaimed asphalt pavement (RAP). *Construction and Building Materials*, 25(3): 1289-1297. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.09.016>» Recuperado el 20/enero/2017 de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061810004496>

Vasudevan, R.; Chandra, A. R.; Sundarakannan, B. & Velkennedy, R. (2012). A technique to dispose waste plastics in an ecofriendly way-application in construction of flexible pavements. *Construction and Building Materials*, 28(1): 311-320. DOI: «<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.031>» Recuperado el 20/enero/2017 de «<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061811004648>»

Verhoef, E.V.; Houweligen, J.A.; Dijkema, G.P.J. & Reuter, M.A. (2006). Industrial ecology and waste infrastructure development: a roadmap for the dutch waste management system. *Technological forecasting and social change*, 73(3): 302-315. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.03.009>» Recuperado el 20/febrero/2017 de «<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162505000958>»



JARDINES DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS (CICEA) Y EJEMPLAR DE COCODRILO DE PANTANO (*Crocodylus moreletii*) QUE HABITA EN SU ENTORNO.
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Rafael Sánchez Gutiérrez.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS TROPICALES (CICART).
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Rafael Sánchez Gutiérrez.



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415
✉ kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com
🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

